

# 岩土勘察在高层建筑抗震设计中的应用研究

朱立搏

建材天水地质工程勘察院有限公司

**摘要:**在抗震设计中,岩土勘察作为一项重要的技术手段,可以提供土壤和岩石的工程参数,为高层建筑的抗震性能评估和优化提供基础数据。本文对岩土勘察进行了一定论述,在此基础上,进一步探讨了岩土工程参数的确定与分析,并结合高层建筑抗震设计的特点,分析了岩土勘察结果在抗震设计中的具体应用,有助于推动岩土勘察在高层建筑抗震设计中应用的不断深入,进而促进高层建筑抗震设计水平的不断提高。

**关键词:**岩土勘察;高层建筑;抗震设计

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.17.093

## 一、前言

高层建筑的抗震设计是确保建筑结构在地震作用下具有足够的稳定性和安全性的重要任务。地震是一种破坏性的自然灾害,对于高层建筑来说,地震所带来的地震力和地震波的作用更为显著,因此高层建筑抗震设计至关重要。岩土勘察在高层建筑抗震设计中的应用研究旨在通过系统地了解地质和岩土条件,为高层建筑的抗震设计提供准确、可靠的地质工程参数和相关信息,从而保证高层建筑在地震发生时的安全性。

## 二、岩土勘察概述

### (一)岩土工程定义

岩土工程是研究土壤和岩石在工程中的力学性质和行为规律的学科。它关注土壤和岩石的物理特性、力学性质以及它们在地震力作用下的变形和破坏机制。岩土工程的研究旨在了解和评估地基的稳定性、承载力、变形性能以及土壤-结构相互作用等关键参数,以确保工程结构的安全性和稳定性。

### (二)岩土勘察的目的和内容

岩土勘察的目的是为了获取与工程设计和施工相关的地下土层和岩石的工程性质和地质特征,以支持工程项目的规划、设计和施工过程。岩土勘察的内容主要包括以下几个方面:

(1)地质调查。通过地表观测和野外勘测,了解地层分布、地貌特征、构造特征、岩石性质等,为后续的岩土勘察提供基础数据。

(2)野外勘测。通过钻孔、取样和地下水位观测等手段,获取地下土层的分布、厚度、物性和力学性质等信息。钻孔是获取地下土层信息最直接和有效的方法,可以获取土壤和岩石样本,进行现场试验和勘测。

(3)室内试验。在实验室中对野外采集的样本进行物理性质、力学性质、渗透性等方面的测试。这些试验包括颗粒分析、压缩试验、剪切试验等,以获得土壤和岩石的更详细和准确的性质参数。

(4)数据分析与评价。将野外勘测和室内试验的数据进行整理、分析和解释,评价土壤和岩石的工程性质和变形特性。通过数据的分析和评价,可以为工程设计提供准确的地基参数和抗震能力评估<sup>[1]</sup>。

## 三、岩土工程参数的确定与分析

### (一)土壤工程参数测试和分析

#### (1)土壤颗粒分析

首先,需要采集代表性的土壤样品。在岩土勘察中,通常使用土壤钻孔等方法获取土壤样品。采集的样品应该来自不同深度和不同地点,以代表整个工程区域的土壤特性。其次,将采集到的土壤样品进行处理。样品中的有机物和颗粒团聚物质需要去除,以获得纯净的颗粒样本。常用的处理方法包括水洗和筛分。水洗可以去除较小的颗粒,而筛分则可以分离不同粒径的颗粒。再次,将处理后的土壤样品进行颗粒分析。颗粒分析通常使用颗粒分析仪器,如激光粒度仪或干湿筛分装置。这些仪器可以测量土壤样品中不同粒径的颗粒的百分比。通过绘制颗粒分布曲线,可以了解土壤样品中各个粒径范围的颗粒所占的百分比。最后,根据颗粒分析的结果,可以确定一系列土壤工程参数,如颗粒密度、孔隙比、含水量、液塑限等。这些参数对于抗震设计、基础设计和土动力响应分析等起着重要作用。

#### (2)孔隙比和含水量测试

首先,为了进行孔隙比和含水量的测试,需要采集代表性的土壤样品。采集样品时要注意选择合适的位置和深度,以确保样品能够准确代表工程区域的土壤特性。常见的采样方法包括土壤钻孔、取样管等。其次,对采集到的土壤样品进行处理和准备。样品中的杂质和有机物需要去除,以获得准确的测试结果。处理方法可以包括去除杂质、空气干燥或烘干等步骤,确保样品的纯净性和干燥状态。第三,进行孔隙比的测试。孔隙比是指土壤中孔隙体积与总体积之比。常用的测试方法包括体积法和质量法。体积法通过测量土壤样品的湿重和干重,以及样品在饱和状态和干燥状态下的体积,计算出孔隙比。质量法则是通过测量土壤样品在饱和状态和干燥状态下的质量,计算出孔隙比。第四,进行含水量的测试。含水量是指土壤中水分的质量与土壤干重之比。常见的测试方法有干重法和湿重法。干重法通过测量土壤样品在干燥状态下的质量和湿重状态下的质量,计算出含水量。湿重法则是通过测量土壤样品在湿重状态下的质量,再经过干燥后的质量,计算出含水量。最后,根据孔隙比和含水量的测试结果,可以进一步分析土壤的排水性能、抗剪强度和变形特性等。孔隙比与土壤的排水性能密切相关,较高的孔隙比通常表示较好的

排水性能。含水量则影响土壤的强度和变形特性，较高的含水量可能导致土壤的剪切强度降低。

### (3) 土壤抗剪强度试验

首先，进行土壤抗剪强度试验前，需要采集代表性的土壤样品，并进行必要的处理和准备。样品采集应遵循规范的采样方法，并确保样品的湿度和密实度与实际工程条件相符。处理过程可能包括去除杂质、筛分和调节含水量等步骤。其次，进行土壤抗剪强度试验。常见的土壤抗剪强度试验包括直剪试验和三轴剪切试验。在直剪试验中，将土壤样品切割成适当的几何形状（通常为矩形或圆形），在剪切装置中施加剪切力，测量土壤的抗剪强度和剪切变形。三轴剪切试验是将土壤样品置于三轴应力状态下，通过施加轴向力和周围应力，以模拟实际工程中的应力条件，测量土壤的抗剪强度和变形特性。在试验过程中，需要注意控制试验条件，如加载速率、应力路径和湿度等，以保证试验结果的准确性和可靠性。同时，根据试验结果可以绘制剪切曲线、荷载-位移曲线等，分析土壤的剪切特性和变形行为。最后，根据土壤抗剪强度试验结果，可以评估土壤的稳定性和承载能力，为高层建筑的抗震设计提供依据。根据实际工程要求，结合其他岩土工程参数，如孔隙比、含水量和抗压强度等，进行综合分析和设计，确保工程的安全性和可靠性<sup>[2]</sup>。

## (二) 岩石工程参数测试和分析

### (1) 岩石采样和室内试验

岩石工程参数的测试和分析是岩土工程中的关键步骤，用于评估岩石的力学性质和工程行为。在确定和分析岩石工程参数时，首先需要进行岩石采样和室内试验。岩石采样是获取代表性岩石样品的过程。采样应遵循规范的采样方法，根据实际工程条件和设计要求选择合适的采样点位和采样方式。常见的岩石采样方法包括钻孔取样、岩芯取样和露天取样等。采样过程中应注意保持样品的完整性和代表性，避免样品破碎或变形。

其次，采样完成后，进行室内试验来确定岩石的工程参数。室内试验包括物理性质测试和力学性质试验。物理性质测试包括岩石密度、孔隙度、吸水性等指标的测定，可以通过实验方法或仪器设备进行。力学性质试验主要包括抗压强度试验、抗拉强度试验、弹性模量试验等。这些试验可以通过压力机、拉力机、弹性模量仪等设备进行。

### (2) 岩石强度和变形特性分析

岩石的强度和变形特性是岩土工程中关键的参数，对于高层建筑的抗震设计和岩土工程的稳定性评估至关重要。为了确定和分析岩石的工程参数，特别是强度和变形特性，可以进行岩石强度和变形特性分析。

首先，岩石强度分析是评估岩石承载能力和破坏特性的过程。常用的岩石强度指标包括抗压强度、抗拉强度、剪切强度等。这些指标可以通过室内试验获得，如压力机试验、拉力机试验和剪切试验等。在试验过程中，可以采用不同加载速率和加载方向，以模拟实际工

程条件下的应力状态。通过测定岩石在不同应力状态下的强度表现，可以分析岩石的稳定性和承载能力。

其次，岩石变形特性分析是评估岩石的变形行为和变形模量的过程。岩石在受力作用下会发生弹性变形和塑性变形。弹性变形是可逆的，而塑性变形则是不可逆的。通过弹性模量和塑性指标的测定，可以评估岩石的变形特性和变形模量。常用的室内试验方法包括弹性模量试验、剪切变形试验和压缩变形试验等。

### (3) 岩石断裂和破坏机理研究

岩石的断裂和破坏机理研究可以通过实验和数值模拟相结合的方法进行。实验室中常用的方法包括岩石强度试验、岩石蠕变试验和岩石断裂试验等。在实验过程中，通过加载岩石样品并观察其变形和破坏的过程，可以获取关于岩石断裂和破坏机理的重要信息。例如，岩石的裂纹扩展行为、岩石的破坏模式以及岩石在不同加载条件下的应力-应变特性等。

数值模拟是另一种重要的研究方法，可以通过建立合适的岩石本构模型和应力分析模型来模拟岩石的断裂和破坏过程。数值模拟可以考虑更复杂的加载条件和岩石结构，对岩石的断裂和破坏机理进行深入研究。常用的数值模拟方法包括有限元法、离散元法和边界元法等。通过数值模拟，可以预测岩石的破坏模式、破裂带的形成以及岩石变形和破坏的发展过程<sup>[3]</sup>。

## 四、岩土勘察结果在抗震设计中的应用

### (一) 地震荷载计算与分析

#### (1) 地震动参数的确定

地震动参数包括峰值加速度、地震响应谱、地震持时等，它们是描述地震地面运动特征的重要指标。确定准确的地震动参数对于进行地震荷载计算和结构响应分析具有重要意义。

确定地震动参数需要依据岩土勘察的结果和地震数据分析。岩土勘察提供了关于地震波传播特性、地质构造和岩土体性质等方面的重要信息。通过分析岩土勘察数据，可以了解地下岩土体的分布、地层特征以及地震波传播的速度和衰减规律等。同时，地震数据分析是确定地震动参数的另一个重要方法。地震数据记录了历史地震事件中地面运动的实际情况。通过分析地震数据，可以获取地震动的强度、频率特性和时程特征等。

#### (2) 岩土地震响应分析

在岩土地震响应分析中，首先需要利用岩土勘察结果确定地下岩土体的特性参数，如地层分布、岩土层厚度、地质性质、孔隙水压力等。这些参数对于模拟地震作用下岩土体的动力响应至关重要。同时，还需要获取建筑物的结构参数，包括刚度、质量、阻尼等，以便综合考虑结构与岩土相互作用。

在进行岩土地震响应分析时，常采用数值模拟方法，如有限元法、边界元法等。通过建立适当的数学模型，模拟地震荷载的传递和地下岩土体的响应过程，可以分析岩土体内部的应力、应变分布、变形情况以及位移响应等。

岩土地震响应分析的目标是评估地震作用下岩土体的稳定性和变形特征，以确定土体的抗震性能和对建筑物的影响。通过分析岩土体的响应特征，可以评估地震对建筑物的影响程度，为抗震设计提供依据。例如，可以确定合适的基础设计参数，选择适当的基础形式和尺寸，以增强结构的抗震能力。

## （二）基础设计和土动力响应分析

### （1）岩土基础类型选择

在基础设计中，根据岩土勘察结果，首先需要综合考虑地下岩土的性质、承载能力、变形特性以及地震作用等因素，选择合适的基础类型。常见的岩土基础类型包括扩展基础、桩基础和板桩基础等。选择基础类型时，需要考虑地下岩土的物理力学性质，如岩石的强度、土壤的压缩性、液化特性等。根据不同地质条件和岩土层的特点，选择合适的基础类型可以有效分散建筑物的荷载，降低地震作用对基础的影响。此外，土动力响应分析也是基础设计的重要内容。通过岩土勘察结果和地震荷载计算，可以进行土动力响应分析，研究地震作用下岩土体的应力、变形和位移情况。这对于选择合适的基础类型、确定基础尺寸和设计基础的抗震性能至关重要。

### （2）岩土地震反应分析

岩土勘察结果在高层建筑抗震设计中的应用还包括基础设计和土动力响应分析的岩土地震反应分析。岩土地震反应分析是通过将地震动作用作为输入，研究土体的动力响应情况，以评估建筑物在地震作用下的稳定性和安全性。

在进行岩土地震反应分析时，首先需要获取岩土勘察结果中的重要参数，例如地层厚度、地下水位、土壤类型和性质等。这些参数将被用作分析的输入数据，用于构建地震模型。通过岩土地震反应分析，可以研究岩土体在地震荷载作用下的动力行为，包括应力变化、变形特性、位移和加速度等。这些分析结果能够帮助工程师更好地理解岩土体的响应机制，评估地震对建筑物基础的影响，并确定合适的抗震设计方案。

其次，岩土地震反应分析通常使用数值模拟方法，如有限元法或边界元法。通过建立适当的数值模型，考虑土体的非线性行为和动态加载条件，可以模拟地震事件对岩土体的影响。通过分析结果，可以评估岩土体的稳定性，为基础设计提供准确的参考和指导<sup>[4]</sup>。

## （三）抗震设计措施与加固方案制定

### （1）土动力特性和工程可行性分析

土动力特性分析是通过研究土体的动态特性，如动力弹性模量、剪切波速、抗震储能能力等，来评估土体在地震荷载下的响应。这需要依赖岩土勘察结果中获得的土体参数，并结合地震动力学理论和实验数据进行分析。通过土动力特性分析，可以了解土体的抗震性能，进而为设计合理的抗震措施提供依据。

工程可行性分析则考虑了设计方案的可行性和实施

条件。基于岩土勘察结果和土动力特性分析，工程师需要综合考虑工程的成本、施工难度、工期等因素，制定出既符合抗震设计要求又具有可行性的加固方案。这需要综合考虑地质条件、土体性质、建筑结构特点等因素，并结合相关的工程经验和规范要求进行综合评估和决策。

在土动力特性和工程可行性分析的基础上，可以制定出具体抗震设计措施和加固方案。这可能包括采取合适的基础设计方法、加固土体或岩石的技术措施、采用增加刚度或阻尼的结构措施等。这些措施的制定需要综合考虑土体的特性、地震荷载、工程要求等因素，并经过工程可行性评估和经济性分析。

### （2）土工加固和地下结构设计

土工加固是通过采用各种土工材料和技术手段来增强土体的力学性能，提高其抗震承载能力和变形能力。常见的土工加固方法包括土体加固、土壤改良、地基加固等。通过岩土勘察结果中获得的土体参数，结合抗震设计要求和工程实际情况，可以选择合适的土工材料和施工方法，进行土体的加固和处理。这可以改善土体的抗震性能，减小地震对土体的破坏和变形，从而提高建筑物的整体抗震能力。

地下结构设计则考虑了地震对地下结构的影响，包括地下室、地下管道、地下停车场等。在抗震设计中，需要根据岩土勘察结果中获得的地下土体性质和地震荷载，结合相关的抗震设计规范，对地下结构进行合理的布置和设计。这包括选择适当的地下结构类型、确定合理的结构参数、采取有效的加固措施等。通过地下结构的合理设计，可以降低地震对地下结构的影响，保证其安全性和稳定性<sup>[5]</sup>。

## 五、结语

综上所述，岩土勘察在高层建筑抗震设计中具有重要的应用价值。通过准确获取土壤和岩石的工程参数，能够提供准确的地震荷载计算与分析，制定合理的抗震设计措施与加固方案。因此，岩土勘察应该在高层建筑抗震设计的初期阶段得到充分重视和应用，其对于提高高层建筑的抗震能力，确保工程的安全性具有重要的参考价值。

## 参考文献

- [1] 高旭, 万军利, 刘洪瑜. 岩土勘察工程在高层建筑中的应用[J]. 建筑结构, 2023, 53(11): 160.
- [2] 郑坚持. 高层建筑岩土勘察及地基处理技术[J]. 江苏建材, 2022, (06): 75-76.
- [3] 许齐心. 高层建筑岩土勘察及地基处理技术的应用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2022, (25): 121-123.
- [4] 黄庆亮. 岩土工程勘察中抗震设计参数确定[J]. 世界有色金属, 2019, (21): 246-247.
- [5] 张杰. 岩土工程勘察中关于抗震设计问题的研究[J]. 中国水运(下半月), 2008, (08): 171-172.